

CAPÍTULO 4

HELADAS EN VIDES

Marisol Reyes Muñoz

Ingeniera Agrónomo

INIA Raihuen

Carolina Salazar-Parra

Bióloga Ambiental por la Universidad de Chile

INIA La Platina

4.1 Heladas primaverales y daño en la planta

En nuestro país los principales daños por heladas ocurren durante la brotación, dado que las temperaturas invernales de la zona de producción vitícola en Chile no son lo suficientemente bajas para generar daños en las vides en receso. Sin embargo, aquellas heladas que se producen entre septiembre y octubre han sido las que más han afectado la vitivinicultura en las últimas temporadas (Figura 4.1).



Figura 4.1 Efecto de las heladas, ocurridas entre el 3 de septiembre y el 3 de octubre de 2019, sobre vides brotadas.

Incluso, sin llegar a niveles de daño por frío en los tejidos, las bajas temperaturas cercanas a brotación pueden ser una de las causas de las variaciones interanuales en el rendimiento de los viñedos (Keller et al., 2010).

El cambio climático ha conllevado a una variación en la frecuencia o intensidad, de fenómenos climáticos extremos, como las heladas primaverales, afectando directamente la productividad del viñedo. Para evidenciar este fenómeno, en la estación meteorológica Cauquenes de INIA, se realizó un análisis de los días entre septiembre y octubre donde las temperaturas fueron inferiores o iguales a 0°C. Los datos evidencian, un incremento de las heladas primaverales a partir del 2010 (Cuadro 4.1). Estos datos podrían indicar que las variedades actualmente cultivadas en la zona puedan no ser tan aptas para ella, repitiéndose esta situación en varias zonas del país. Este fenómeno sumado a la falta de agua para riego podría poner en riesgo la sustentabilidad del rubro vitivinícola.

Cuadro 4.1 Número de heladas en los meses de septiembre y octubre entre 1964 y 2018.

Período	Septiembre	Octubre
1964-69	4	0
1970-79	9	0
1980-89	6	0
1990-99	2	0
2000-09	2	0
2010-18	29	3

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de agromet.inia.cl

Al entrar en receso las yemas inician un estado de aclimatación al frío, durante este periodo (hacia fines del verano e inicio de otoño) las yemas pueden soportar temperaturas inferiores a -6°C (LT₅₀*). Pero al iniciar el invierno la yema ha entrado en un segundo estado de aclimatación y su tolerancia al frío es máxima (Zabadal et al., 2007).

La yema invernal tiene diversas estrategias para protegerse durante el invierno. En primera instancia la pérdida de agua capilar y solutos es evitada con la presencia de una capa de células densa, compacta y lignificada, en la base de la yema. Justo debajo del tallo del brote primario existe una zona que actúa como barrera y aísla el brote primario de la yema. Finalmente los azúcares y solutos orgánicos aumentan la concentración en los brotes al tiempo que se produce la deshidratación celular y estabilización de las membranas, lo que permite el "sobreenfriamiento" de células y tejidos (Goffinet M., 2004).

* LT50: temperatura a la cual son dañadas el 50 % de las yemas.

El agua celular debe ser eliminada o quedar "ligada", para evitar que con las bajas temperaturas se congele y se rompan las membranas de la célula. Este proceso de aclimatación es fuertemente influenciado por la magnitud de las temperaturas invernales, por lo tanto la temperatura absoluta a la cual la planta se puede dañar varía entre zonas. De la misma manera, las variaciones de la temperatura a mediados del invierno pueden llevar a las plantas a desaclimatarse, ya que este proceso es fuertemente dependiente del incremento de ésta (Zabadal et al., 2007). Cabe también señalar que en zonas donde se acumula una mayor cantidad de unidades de frío (bajo 10°C), la aclimatación y tolerancia de las plantas es mejor que en zonas más templadas (Pool et al., 1992; citado por Zabadal et al., 2007).

A salidas del invierno, cuando la temperatura del suelo en el área donde se ubican las raíces, sube de 7°C, se inicia el "lloro" en los brotes, lo que indica la reactivación de la actividad metabólica en las raíces. Almidón, proteínas, azúcares y aminoácidos se incrementan en las raíces haciendo subir la presión osmótica y movilizándolo el agua hacia el xilema, cuyo contenido es impulsado hacia la parte superior de la planta estimulando la activación de las yemas (Keller M. 2010).

4.2 Aclimatación y desaclimatación

Para sobrevivir al invierno la vid realiza un proceso de aclimatación al frío. Este proceso se inicia a medida que el largo del día se acorta y las temperaturas decrecen, generándose una serie de cambios metabólicos y genéticos en la planta. Después de pinta, el brote comienza a lignificarse desde la base hacia las puntas, lo que llevará a la vid desde un activo crecimiento y fotosíntesis hacia una fase dormante, en que progresivamente se va haciendo más tolerante a las bajas temperaturas. Las yemas van así entrando a un estado llamado de "endodormancia" donde son resistentes incluso al congelamiento, haciéndose aún más resistentes a medida que el invierno avanza (Londo y Martinson, 2016). Durante este período de bajas temperaturas las vides satisfacen sus requerimientos de frío y una vez que éstos son satisfechos las yemas están aptas para responder al incremento de la temperatura. Sin embargo, mientras las temperaturas son bajas las yemas se mantendrán en un estado de ecodormancia, es decir, las condiciones de crecimiento desfavorables rompen la endodormancia e imponen la ecodormancia (Keller, 2010). Cuando se inicia el ascenso de la temperatura en primavera, las yemas y brotes reiniciarán su hidratación y al mismo tiempo perderán su resistencia al frío o se desaclimatarán, lo que incluso puede ocurrir cuando las temperaturas invernales son extremadamente altas (Londo y Martinson, 2016).

4.3 Dinámica del daño por exposición al frío y congelación

El daño por frío o bajas temperaturas es aquel que se produce cuando la planta es expuesta a temperaturas menores a las que permiten su normal crecimiento, pero sin llegar a niveles de congelamiento. En plantas de clima templado los efectos o respuestas de ellas, al encontrarse expuestas a bajas temperaturas, serán variados según el estado de desarrollo en que ésta se encuentra, su condición general, la existencia de períodos previos de adaptación, etc.

Cuando la planta ya se encuentra brotada, uno de los primeros efectos de las bajas temperaturas se produce sobre las hojas: reducción de la fotosíntesis, ralentización del movimiento de carbohidratos, baja en la tasa respiratoria e inhibición y degradación de algunas proteínas. Todas estas respuestas serían determinadas por la pérdida de funcionalidad que se produce en las membranas, las que se vuelven menos fluidas y por lo tanto sus componentes proteicos (enzimas principalmente) ya no pueden funcionar normalmente. Adicionalmente, el mecanismo fotosintético también se ve dañado (Taiz and Zeiger, 2006).

En el caso del congelamiento, cuando éste es rápido, los cristales de hielo que se forman son demasiado pequeños para causar daño mecánico. Por el contrario, para el descongelamiento se requiere un calentamiento rápido del tejido congelado para evitar que los pequeños cristales se conviertan en grandes y para evitar la pérdida de agua por sublimación. Desgraciadamente en la naturaleza la velocidad de congelación y descongelación nunca son tan altas como para evitar el daño.

La formación de hielo se inicia en los espacios intercelulares y en los vasos del xilema, si la exposición no es muy larga y la planta no es muy sensible ésta puede recuperarse. Cuando la exposición se prolonga, el congelamiento del agua de los espacios intercelulares deriva en que el potencial de solutos se hace menor fuera de la célula, lo que provoca la salida de agua desde el citoplasma (interior de la célula) y genera una plasmólisis irreversible (la célula se contrae) y finalmente el tejido se muere.

Idealmente el descongelado deberá ser lento, de manera de no generar daños en las membranas y permitir la rehidratación de las células si estas no se han dañado.

4.4 Factores asociados al daño por heladas en vides

4.4.1 Respuesta varietal.

Se ha observado que tanto en la aclimatación como la desaclimatación existen respuestas diferentes según la variedad. Por ejemplo, Riesling y Chardonnay serían igualmente tolerantes al frío a mediados del otoño, sin embargo la tolerancia de esta última al frío es menor hacia fines del otoño y fines de invierno (Milles et al., 2006). El mismo ensayo, comparando sólo tintas, se encontró que Cabernet Sauvignon fue generalmente la variedad más resistente y Merlot el menos resistente, mientras que Malbec y Syrah fueron intermedios. Otros estudios corroboraron la mayor resistencia al frío invernal de Riesling frente a Cabernet Sauvignon, sin embargo esta última se desaclimataba más lentamente (Woolf and Cook., 1992). Al comparar Cabernet con Chardonnay, los resultados son similares, si bien Chardonnay es más tolerante al frío invernal, Cabernet se desaclimatiza más lentamente, siendo por tanto más apta sitios que presentan heladas primaverales (Cragin., 2015; Cragin et al., 2017), por lo que sería más adecuada para las actuales condiciones de Chile central. También se ha observado que la entrada en latencia en Cabernet es muy brusca (Hernández, 2011), lo que también le da ventajas frente a heladas tempranas en otoño. Merlot por el contrario tiene una ganancia y pérdida de resistencia más escalonada y su período de latencia es mucho más corto que Cabernet (Hernández, 2011).

La zona de origen de las variedades también tiene injerencia en su resistencia al frío y momento de brotación. Genotipos provenientes de zonas más heladas son más resistentes al frío y brotan más temprano, lo que hace que sean más vulnerables a heladas primaverales cuando se encuentran establecidos en zonas más cálidas (Ferguson et al., 2014).

Aunque en el mundo existen más de 10.000 variedades de vid, con diferentes requerimientos climáticos y aptitud para ser cultivadas en diversos climas y suelos, sólo 46 variedades cubren más del 80% de la superficie plantada con viñedos. Si bien en los últimos 15 años se han producido cambios en la composición varietal mundial, el mercado y el gusto del consumidor son concluyentes al momento de decidir qué variedad plantar (OIV, 2017). Así entonces, la exploración de otras variedades, de mayor rusticidad o mejor adaptación a condiciones adversas se ha visto limitada por las condiciones del mercado.

No obstante, las características genéticas de este amplio número de variedades, ofrecen una primera línea de acción para escapar a las bajas temperaturas. Experimentos realizados en condiciones de laboratorio han clasificado el nivel de tolerancia al frío de diferentes variedades, medido como la temperatura

necesaria para matar el 50% de las yemas (Cuadro 4.2). Otros estudios, para evaluar tolerancia de la yema primaria al congelamiento, clasificaron variedades de menor a mayor sensibilidad al frío: Chardonnay, Malvasía blanca, Carmenère, Cabernet Sauvignon, Sauvignon blanc, Cabernet franc, Malbec, Merlot, Sangiovese, Syrah y Tempranillo, entre otras (Dami et al., 2016).

Sin embargo, si se considera que bajo las condiciones de Chile central el mayor daño de heladas se produce en el momento en que la planta inicia la desaclimatación, factores como su precocidad para salir del receso e iniciar la brotación son más relevantes que la resistencia al congelamiento. Se ha registrado hasta dos semanas de diferencia en la brotación entre las distintas variedades (Cuadro 4.3), por lo tanto al planificar la plantación de un viñedo, se debiera considerar dejar las variedades más tempranas en brotar en aquellos sectores que presenten menos riesgo de heladas primaverales.

En orden descendente, especies como *Vitis riparia* (especies norteamericanas), *Vitis amurensis* (Especies asiáticas), *Vitis labruscana* e híbridos interespecíficos presentan mayor tolerancia al frío (Dami, 2007). También algunos portainjertos de estas especies podrían modificar la aclimatación y desaclimatación de las variedades, no así su tolerancia al congelamiento (Miller, 1998; Fennel, 2004).

Cuadro 4.1 Resistencia relativa al frío de diferentes genotipos de uvas.

Clasificación de resistencia	Rango de temperaturas críticas para matar el 50% de yemas (°C)	Ejemplo de variedades
Muy sensible	-20,55 a -15,55	Chenin blanc, Merlot, Semillón, Syrah, Sauvignon blanc, Zinfandel
Sensible	-22,22 a -17,77	Chardonnay, Cabernet Sauvignon, Gewürztraminer, Pinot gris, Pinot noir, Sangiovese Viognier
Moderadamente sensible	-23,33 a -22,22	White Riesling, Cabernet franc, Lemberger

Fuente: Adaptado de Dami I., 2007.

Cuadro 4.2 Diferencias en brotación (días) para algunas variedades de vid para vino.

Variedad	Momento de brotación (días)
Chenin blanc, Chardonnay	0
Gewürztraminer, Viognier	1
Pinot blanc	2
Pinos gris, Pinot noir, Merlot	3
Petite Verdot, Tannat	5
Riesling, Cabernet Franc, Semillon	6
Grenache, Muscat Ottonel	7
Sauvignon blanc, Syrah, Tempranillo	8
Carignan, Marsanne	10
Cabernet Sauvignon, Mourvedre	14

Fuente: Adaptado de Hellman E., 2019.

El nivel de carga y momento de cosecha también tendrían efectos variados en la aclimatación y resistencia de las diferentes variedades. Chardonnay, Pinot noir y Merlot habrían reducido su resistencia máxima al frío debido al nivel de carga y al momento de la cosecha: cosechas más altas y tardías disminuyen la resistencia al frío, en especial en temporadas más frías, húmedas y tardías. En el caso de Cabernet franc, Sauvignon blanc y Riesling, ni el nivel de cultivo ni la fecha de cosecha tuvieron efecto sobre el rendimiento o su resistencia al frío (Willwerth et al., 2014). Este estudio señala además que cuando se dan cosechas de elevados rendimientos, con condiciones climáticas más frías y húmedas que el promedio normal, se reduce la tolerancia al frío, con una aclimatación retrasada y reducción de la resistencia máxima al frío. Por el contrario, en temporadas cálidas y más tempranas, con altos rendimientos y cosecha tardía, no se afectan la resistencia al frío (Willwerth et al., 2014).

En algunas variedades también se ha observado una notoria adaptación a las condiciones climatológicas de la zona en la que se cultiva. Syrah, por ejemplo, refleja claramente las diferencias que hay de año en año en la duración e intensidad de su periodo de aclimatación (Hernández, 2012). Las condiciones meteorológicas otoñales afectan la entrada en dormancia y la adquisición de resistencia, pudiendo alterar la posterior vulnerabilidad al daño por frío, lo que sería relevante frente al cambio climático (Cragin et al., 2017).

En cuanto a la temperatura a nivel de raíces, esta tendría efecto en la brotación. Ensayos en Chardonnay y Cabernet Sauvignon, bajo condiciones controladas, demostraron que bajas temperaturas a nivel de raíces producía retardo en la brotación de ambas variedades y en un menor porcentaje, disminuyendo además la masa de raíces y brotes (Graham et al., 2002).

4.4.2 Estado fenológico.

Una vez que las yemas comienzan a desarrollarse y brotar, los efectos de las heladas tienen daños diferentes según el Estado Fenológico en que las yemas se encuentren y por supuesto según la intensidad y duración de la helada. La Cuadro 4.4 resume las temperaturas que matan el 10, 50 y 90% de las yemas en diferentes Estados fenológicos. Puede observarse que a medida que la yema se va desarrollando se daña con temperaturas menos intensas y que el diferencial de temperatura para pasar del 10 al 90% de yemas muertas es menor cuanto mayor es el desarrollo de la yema. En Chardonnay, se han observado diferencias de alrededor del 70% de incidencia de una helada entre yemas en el estado 1 y 4, siendo obviamente la más desarrollada la más afectada (Friend et al., 2011).

Cuadro 4.3 Temperaturas críticas para causar 10, 50 y 90% de muerte de yemas en diferentes Estados fenológicos.

Estado Fenológico	10% muerte	50% muerte	190% muerte
Yema hinchada	-10.5	-13.9	-19.4
Yema algodonosa	-3.3	-6.1	-12.2
Brotación	-2.2	-3.9	-8.9
Primera hoja	-1.9	-2.8	-6.1
Segunda hoja	-1.7	-2.2	-5.5
Tercera hoja	-2.2		-3.3
Cuarta hoja	-2.2		-2.8

Fuente: Modificado de <https://hortnews.extension.iastate.edu/2012/4-18/grapes.html>

Si bien el estado fenológico de una yema determina el nivel de daño que va a sufrir en un determinado momento, se ha visto que la posición de la yema también afecta su resistencia. Generalmente las yemas basales son más sensibles, lo que estaría relacionado con un mayor nivel de rafinosa en éstas (Grant y Dami., 2015).

En cuanto al nivel de pérdida en producción debido a una helada, también existe un componente varietal determinado por la fecundidad de las yemas secundarias. Pszczółkowski (2015) citando a diversos autores, señala que Cabernet Sauvignon, Folle blanche, Pinot noir y Tokay reducen sólo un poco su producción debido a que sus yemas secundarias son fértiles, en tanto que Riesling reduce a 32%. Estudios en Chardonnay, determinaron que cuando se dañaba la yema primaria, la secundaria se desarrollaba en lugar de ésta y era capaz alcanzar el 32% de la producción, lo que se debía a que en los brotes primarios el 63% tenía dos racimos, el 26% tenía uno y 11% no tenía, en tanto que un brote secundario sólo el 11% poseía dos, 28% tenía uno y el 61% no tenía racimos. (Friend et al., 2011).

4.5 Manejos para evitar o disminuir el daño por heladas primaverales

4.5.1 Retraso en la fecha de poda.

Esta alternativa permite desplazar el desarrollo fenológico y con ello evitar que la planta tenga sus yemas expuestas a las heladas primaverales. En Cabernet, un desplazamiento de hasta 70 días de la fecha usual de poda en el valle central, permitió desplazar la brotación respecto del testigo hasta en 27 días (Concha, 2015). Estas diferencias sin embargo, no se mantienen, ya que la floración se produjo en la misma fecha, indistintamente del momento en que se podó. Tampoco se observaron efectos sobre la concentración de azúcar en las bayas. También se sabe que el retraso en la poda no tiene efecto en la pérdida de resistencia, ni en la caña ni la yema (Hamman et al., 1990).

Trabajos realizados en Malbec, desplazando la fecha de poda desde yema invernal hasta 8 hojas separadas (Estado 15 según Coombe), mostraron que cuando esta labor se hizo en brotación (Estado 4), no había efecto sobre la longitud de los brotes, el rendimiento, nivel de azúcar, pH ni composición química de la uva, respecto de cuando se hace en pleno receso, con yema invernal (Bustos, 2019). Por lo tanto, si bien la factibilidad de atrasar la poda al máximo, requiere una buena planificación y disponibilidad de personal, para superficies menores puede ser una alternativa de bajo costo y fácil implementación.

Otra práctica es dejar cargadores “largos” apuntando a que las yemas más apicales van a iniciar su desarrollo antes que las basales y por lo tanto estas últimas aumentarán sus probabilidades de escapar de las heladas primaverales. Una vez que ha pasado el período de heladas se poda dejando el número de yemas deseado. Igualmente, esta labor debe ser evaluada en términos económicos, en especial en superficies mayores, donde la consecuente contratación de personal para el repase de la poda debe ser puesta en el análisis de costos y beneficios.

4.5.2 Manejo de suelo.

Se sabe que la temperatura mínima es afectada por la textura del suelo y su contenido de agua. Las texturas francas y arcillosas son mejores almacenadores o conductores de calor que los arenosos. De manera similar, suelos más oscuros absorben más radicación y más temperatura en comparación a aquellos claros (Striegler, 2007)

Respecto de labrar el suelo versus el uso de herbicidas, estudios comparativos han visto que con el uso de herbicidas, temprano en la temporada, las temperaturas mínimas son de menor duración y entre 0.3 y 0.6°C más cálidas (Donaldson, 1993).

4.5.3 Uso de aceites invernales.

Si bien no se han desarrollado con el fin de proteger de las heladas, tienen un efecto indirecto al retardar la brotación. Dami (2007) evaluó diferentes tipos y concentraciones, concluyendo que dosis sobre 10%, de todos los aceites evaluados, eran tóxicas para casi todas las variedades y que la toxicidad dependía del tipo de aceite, concentración, momento de aplicación y variedad. También se concluyó que las plantas tratadas tenían una menor tasa de desaclimatación, lo que les permitiría escapar a las heladas tardías de primavera. La brotación podía ser retrasada hasta en 19 días según la variedad, sin embargo, cuando el retardo era superior a 10 días, había un efecto detrimental en el crecimiento de brotes y fruta.

4.5.4 Altura de formación de plantas.

Registros de temperatura, realizados durante septiembre de 2019 a diferentes alturas, en un viñedo ubicado en el Centro Experimental de INIA Cauquenes, dan cuenta del incremento de temperatura al incrementar la altura (Cuadro 4.5). El promedio del mes indica una diferencia de 0,3°C entre las 6 y 8 de la mañana al subir de 40 a 80 o 120 cm, lo que en términos absolutos puede no ser tan significativo, sin embargo si se considera que la magnitud del daño por heladas muchas veces está más determinada por la duración de las bajas temperaturas que por el valor mismo, esto es un factor a considerar. Especial importancia puede tener esto cuando se trata de viñedos formados en cabeza, los que en algunas zonas se caracterizan por la baja altura de sus plantas, lo que no solo tienen importancia en términos de exposición al frío sino que es además muy relevante para la sanidad de la fruta.

Cuadro 4.4 Diferencias de temperatura a través del día al subir de 40 a 80 cm y de 40 a 120 cm. Cauquenes, Septiembre 2019.

Hora	Diferencia de temperatura debida al incremento en altura	
	40 a 80 cm	40 a 120 cm
6:00	0,3	0,3
6:30	0,2	0,2
7:00	0,3	0,3
7:30	0,3	0,3
8:00	0,3	0,3
8:30	2,2	1,3
9:00	2,6	1,2
9:30	1,7	0,4
10:00	1,3	0,0
10:30	1,0	-0,2
11:00	0,7	-0,5
11:30	1,0	-0,6
11:00	0,8	-0,8
12:00	0,3	0,3

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Uva de mesa: tecnologías para evitar o disminuir el daño por heladas

La vid es cultivada para la producción de vino, pasas y como fruta fresca. En Chile, el mercado del vino y la uva de mesa poseen relevancia a nivel mundial. La OIV 2019 ha ubicado a Chile como el 4to exportador de vino a nivel mundial y como el primer exportador de uva de mesa en el mundo. La fenología, fisiología y desarrollo de la vid, sea para consumo fresco o para la elaboración de vinos, siguen una línea común, ya que son la misma especie. Sin embargo, debido a los métodos de producción algunas tecnologías de control de heladas que son utilizadas en el cultivo de uva de mesa no se han implementado en la uva para producción vinífera, o aun no son una tecnología de uso masivo. Una de estas es el uso de cubiertas para la protección del cultivo ante fenómenos climáticos extremos.

El uso de cubiertas para la protección contra fenómenos climáticos extremos es una tecnología en crecimiento en diversos frutales. En viticultura, se ha desarrollado principalmente para el cultivo de uva de mesa con el uso de diferentes materiales de cobertura del follaje. Esta tecnología comenzó a utilizarse con el objetivo principal de proteger la fruta frente al creciente número

de fenómenos climáticos extremos que amenazan la producción, entre ellos el más relevante son las heladas primaverales y las lluvias en cosecha.

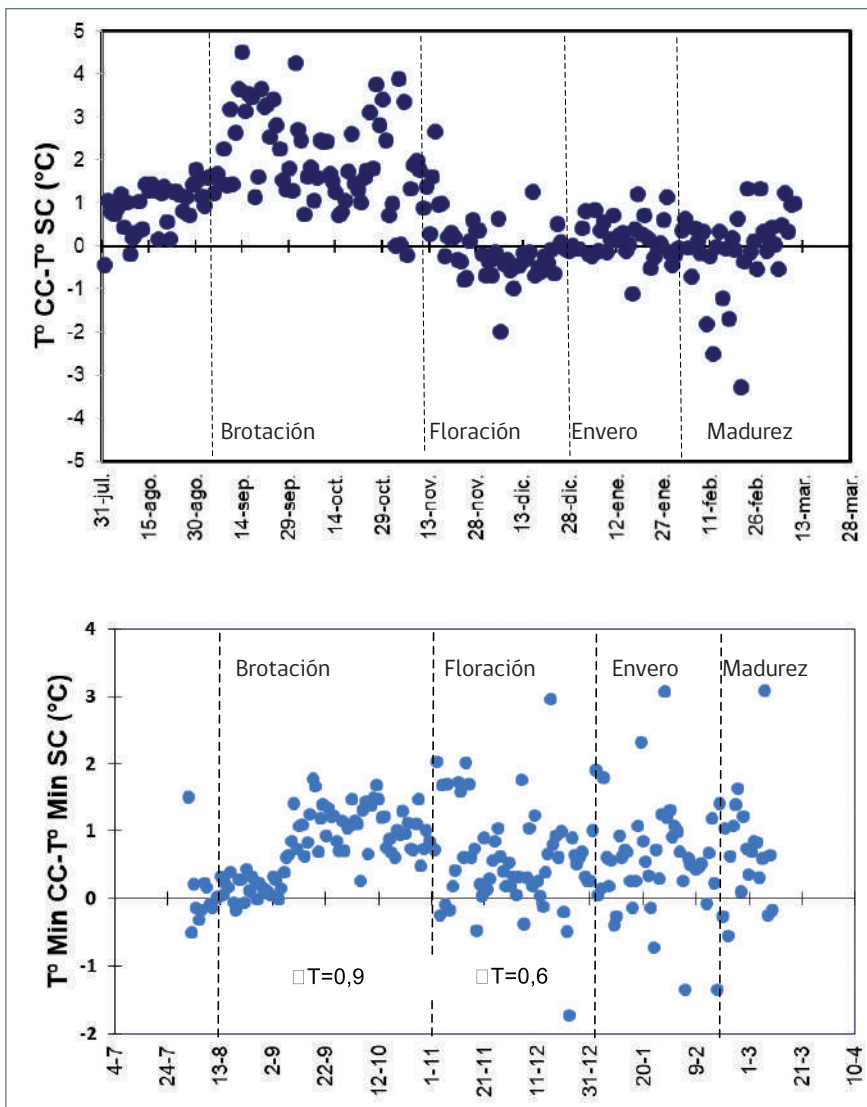
Entre los materiales utilizados como cubiertas están: (i) mallas, las cuales otorgan un porcentaje de sombra al cultivo y permiten reducir el paso de la luz; (ii) rafia, que a diferencia de las mallas no permite el paso del agua y han sido utilizadas principalmente en el cultivo del cerezo; y (iii) film plástico, es el más utilizado actualmente ya que a diferencia de los anteriores permite mayores modificaciones microclimáticas. Estos plásticos varían de espesor y se ha evidenciado su capacidad de prevenir el efecto de las heladas primaverales en el cultivo de uva de mesa.

Si bien los films plásticos han sido usados mayoritariamente en uva de mesa, si han existido experiencias en Chile en el cultivo de uva vinífera. Sin embargo, es una tecnología de alto costo por hectárea (aproximadamente 10.000 USD), por lo que agricultor debe considerar los costos y beneficios de su utilización.

La experiencia en uso de cubiertas plásticas en viticultura, ha demostrado que una estructura tipo invernadero capilla abierto a los costados y en la entrehilera (Figura 4.2) es capaz de producir modificaciones microclimáticas que permiten al plástico ser una barrera contra el frío, evitando los efectos de las heladas primaverales.



Figura 4.2. Cubiertas plásticas en uva de mesa. Fuente: Marfan y García. 2009.



Fuente: Salazar, *et al.* (2019)

Figura 4.3 Arriba. Diferencia de temperatura media diaria con cubierta (CC) y sin cubierta plástica (SC). Abajo. Diferencia de las temperaturas mínimas ($T^{\circ} \text{Min}$) con cubierta y sin cubierta durante una temporada de cultivo de uva de mesa en la región de O'Higgins.

Las temperaturas bajo cubiertas varían de acuerdo a la cobertura vegetal y la temperatura externa. La Figura 4.3 (Arriba) indica la diferencia de temperatura media entre un cuartel de uva de mesa con cubierta plástica y uno sin ella. El valor 0 (línea continua), indica que la temperatura se mantuvo sin variación a pesar de la cubierta plástica. Antes y después de la brotación, hasta la floración las temperaturas medias bajo cubierta pueden alcanzar valores hasta 4°C superiores que bajo la cubierta. Lo que disminuye, posterior a la brotación, cuando el follaje en ambos tratamientos permite un mejor control de temperatura.

Del mismo modo, al evaluar las temperaturas mínimas (Figura 4.3, Abajo) se observa que entre brotación y floración las temperaturas mínimas son en promedio 0,9°C superiores bajo cubierta, manteniendo durante el resto de la temporada en promedio 0,6°C más. Esto indicaría, que en caso de temperaturas de 0°C, la cubierta protegería los brotes. Del mismo modo, al proteger el cultivo de la lluvia o el rocío, los efectos de heladas en un ambiente húmedo también se verían favorecidos por el uso de este tipo de cubiertas.

4.7 Referencias

- Bustos, M., Prieto, J.A., Fanzone, M., Sari, S. y Perez J. 2019. La poda tardía podría mitigar el daño de las altas temperaturas en la calidad del vino. *Campo Andino*, 50:26–27.
- Concha, V. 2015. Efecto de distintas fechas de poda sobre la brotación y tiempo a envero en vides de cabernet Sauvignon. Memoria de Título, Escuela de Pregrado, Facultad De Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile. 28 p.
- Cragin, J. 2015. Viticulture performance and cold hardiness attributes of select winegrape cultivars in the western Snake River plain of Idaho. Boise State University Theses and Dissertations. 1042. <https://scholarworks.boisestate.edu/td/1042>
- Cragin, J., Serpe, M., Keller, M., and Shellie K. 2017. Dormancy and cold hardiness transitions in wine grape cultivars Chardonnay and Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture*. doi: 10.5344/ajev.2016.16078
- Dami I. 2007. Freezing and survival mechanisms of grapevine. En: Understanding and preventing freeze damage in vineyards Workshop Proceedings. University of Missouri–Columbia.
- Dami, Li, S. and Zhang Y. 2017. Evaluation of primary bud freezing tolerance of twenty-three winegrape cultivars new to eastern U.S. *American Journal of Enology and Viticulture*. doi: 10.5344/ajev.2015.15047

- Donaldson, D., Snyder, R., Elmore, C., and Gallagher, S. 1993. Weed control influences vineyard minimum temperature. *American Journal of Enology and Viticulture* 44(4):431-434.
- Fennell, A. 2004. Freezing tolerance and injury in grapevines. *Journal of crop improvement* 10:1-2:201-235.
- Graham, J., Montague, T., Durham, R. and Herring, A. 2002. Root-zone refrigeration delays budbreak and reduces growth of two containerized, greenhouse grown grape cultivars. *Texas Journal of Agriculture and Natural Resources* 15: 71-80.
- Grant, T. and Dami, I. 2015. Physiological and biochemical seasonal changes in *Vitis* genotypes with contrasting freezing tolerance. *American Journal of Enology and Viticulture*. doi:10.5344/ajev.2014.14101
- Goffinet, M. 2004. *Anatomy of Grapevine Winter Injury and Recovery*. Cornell University Department of Horticultural Sciences NY State Agricultural Experiment Station
- International organization of vine and wine (OIV), 2017. *Distribution of the world's grapevine varieties*. ISBN: 979-10-91799-89-8. 54 p.
- Ferguson, J. Moyer, M., Mills, L., Hoogenboom, G. and Keller, M. 2014. Modeling dormant bud cold hardiness and budbreak in twenty-three *Vitis* genotypes reveals variation by region of origin. *American Journal of Enology and Viticulture*, 5(1): 59-71. doi: 10.5344/ajev.2013.13098
- Hamman, R., Renquist, A. and Huges. 1990. Pruning Effects on Cold Hardiness and Water Content During Deacclimation of Merlot Bud and Cane Tissues. *American Journal of Enology and Viticulture* 41(3):251-260.
- Hellman E. 2019. Frost Injury, Frost Avoidance, and Frost Protection in the Vineyard. Available at <https://grapes.extension.org/frost-injury-frost-avoidance-and-frost-protection-in-the-vineyard/>. Revisado octubre 2019.
- Hernández, E., 2012. Estudio del riesgo de heladas y su incidencia en la capacidad productiva de la vid (*Vitis vinifera* L.). Tesis de Master. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. 41 p.
- Keller, M., Tarara, J. and Mills, J. 2010. Spring temperatures alter reproductive development in grapevines. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16: 445 - 454. doi: 10.1111/j.1755-0238.2010.00105.x
- Keller, M. 2010. *The Science of Grapevines - Anatomy and Physiology*. Elsevier: Academic Press, Burlington, MA. 510 p.

- Londo, J and Martinson, T. 2016. Grapevine winter survival and prospects in an age of changing climate. Research Focus 2016-1: Cornell Viticulture and Enology. 7 p
- Marfán, G. y García, V. 2019. Cubiertas plásticas: Características y aspectos prácticos. En: Salazar-Parra, C., Selles, G. y Marfán, G. 2019. Cubiertas plásticas en uva de mesa. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. Boletín INIA N° 402. 86 p.
- Mills L, Ferguson J., Keller M. 2006. Cold-hardiness evaluation of grapevine buds and cane tissues. American Journal of Enology and Viticulture, 57: 194-200.
- Miller, D., G. S. Howell, G. and Striegler, R. 1998. Cane and Bud Hardiness of Selected Grapevine Rootstocks. American Journal Enology and Viticulture 39:55-59. Abstract.
- Salazar-Parra, C; Selles, G. and Marfán, G. 2019. Cubiertas plásticas en uva de mesa. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones agropecuarias, INIA. Boletín INIA N° 402. 86 p.
- Striegler, K. 2007. Passive freeze prevention methods. Workshops proceedings: Undersatanding and Preventing freeze damage in veneyards. University of Missouri-Columbia, Columbia. P: 39-46
- Taiz L, Zeiger E. 2006. Plant Physiology. Fourth Edition. Sinauer Associates, Sunderland, MA. 764 p.
- Willwerth, J., Ker, K. and Inglis, D. 2014. Best management practices for reducing winter injury in grapevines. Cool climate oenology and viticulture Institute. 81 p.
- Wolf T.K., Cook M.K. 1992. Seasonal deacclimation patterns of three grape cultivars at constant, warm temperature. American Journal Enology and Viticulture, 43:171-179.
- Zabada, T., Dami, I., Goffinet, M., Martinson, T. and Chien. M. 2007. Winter Injury to grapevines and methods of protection. Michigan State Extension. Bulletin E2930.